

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-154311

(43)Date of publication of application : 09.06.1998

(51)Int.Cl. G11B 5/39

(21)Application number : 08-310568

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 21.11.1996

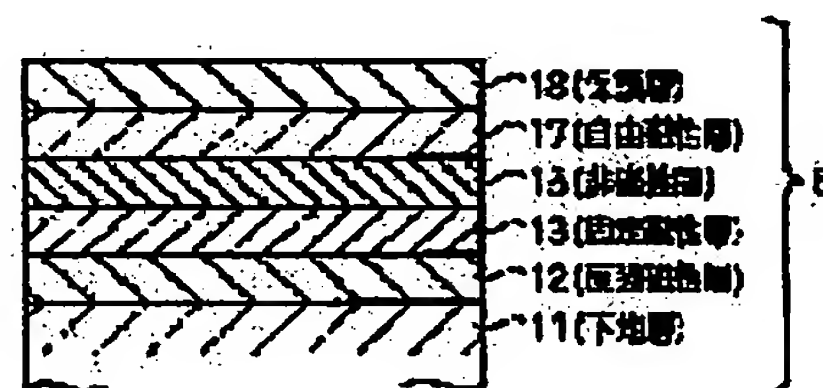
(72)Inventor : HAYASHI KAZUHIKO

## (54) MAGNETO-RESISTIVE ELEMENT AND SHIELDING TYPE MAGNETO-RESISTIVE SENSOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetoresistive element with which the obtaining of large regenerative output is possible while the sufficient exchange bonding magnetic fields from an antiferromagnetic layer to a fixed magnetic layer is assured.

**SOLUTION:** The fixed magnetic layer 13 of the magneto-resistive element 6 formed by successively laminating a ground surface layer 11/antiferromagnetic layer 12/fixed magnetic layer 13/nonmagnetic layer 15/free magnetic layer 17 comprises members consisting of single substances consisting of a group basically including Co, Ni and Fe, alloys or laminated films. Further, the free magnetic layer 17 comprises an amorphous magnetic material or any one among alloy CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb and CoZrMoNi.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.11.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.12.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

**[Claim 1]** In the magneto-resistive effect component of which the laminating of a stratum / antiferromagnetism layer / fixed magnetic layer / non-magnetic layer / the free magnetic layer is carried out one by one, and it consists the bottom Said fixed magnetic layer is constituted with the member which consists of the simple substance which consists of a group who uses Co, nickel, and Fe as the base, an alloy, or a cascade screen. Said free magnetic layer An ARUMOFASU magnetic material, Any one [ or ] of each of the alloy of CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi The magneto-resistive effect component which has and is characterized by constituting.

**[Claim 2]** In the magneto-resistive effect component of which the laminating of a substrate layer / antiferromagnetism layer / fixed magnetic layer / the 1st MR enhancing layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / free magnetic layer is carried out one by one, and it consists Said fixed magnetic layer is constituted with the member which consists of the simple substance which consists of a group who uses Co, nickel, and Fe as the base, an alloy, or a cascade screen. Said 1st MR enhancing layer and the 2nd MR enhancing layer Any one of each of the alloy of an amorphous magnetic material or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi The magneto-resistive effect component which has and is characterized by constituting.

**[Claim 3]** The magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2 characterized by constituting said free magnetic layer with the sandwiches film which consists of the 1st fixed magnetic layer / a non-magnetic layer / the 2nd fixed magnetic layer.

**[Claim 4]** The magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2 characterized by constituting a fixed magnetic layer with the sandwiches film which consists of the 1st fixed magnetic layer / a non-magnetic layer / the 2nd fixed magnetic layer.

**[Claim 5]** The laminating of a bottom shielding layer, a bottom gap layer, and the magneto-resistive effect component is carried out one by one on a substrate. Said each shielding layer and a magneto-resistive effect component are patternized. And the laminating of a vertical bias layer and the bottom electrode layer is carried out one by one so that the edge of the magneto-resistive effect component concerned may be touched. It is the shielding mold magneto-resistive effect sensor which the laminating of an upper gap layer and the upper shielding layer is carried out one by one on it, and changes. While a stratum / antiferromagnetism layer / fixed magnetic layer / non-magnetic layer / free magnetic layer uses said magneto-resistive effect component as the magneto-resistive effect component which a laminating is carried out one by one and changes the bottom The shielding mold magneto-resistive effect sensor characterized by constituting said fixed magnetic layer with the member which consists of the simple substance which consists of a group who uses Co, nickel, and Fe as the base, an alloy, or a cascade screen.

**[Claim 6]** The laminating of a bottom shielding layer, a bottom gap layer, and the magneto-resistive effect component is carried out one by one on a substrate. Said each shielding layer and a magneto-resistive effect component are patternized. And the laminating of a vertical bias layer and the bottom electrode layer is carried out one by one so that it may lap with the upper

part of the magneto-resistive effect component concerned in part. It is the shielding mold magneto-resistive effect sensor which the laminating of an upper gap layer and the upper shielding layer is carried out one by one on it, and changes. While a stratum / antiferromagnetism layer / fixed magnetic layer / non-magnetic layer / free magnetic layer uses said magneto-resistive effect component as the magneto-resistive effect component which a laminating is carried out one by one and changes the bottom The shielding mold magneto-resistive effect sensor characterized by constituting said fixed magnetic layer with the member which consists of the simple substance which consists of a group who uses Co, nickel, and Fe as the base, an alloy, or a cascade screen.

[Claim 7] Above Shielding mold magneto-resistive effect sensor according to claim 5 or 6 characterized by having had any one of each of the alloy of an ARUMOFASU magnetic material or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi, and constituting said free magnetic layer.

[Claim 8] The laminating of a bottom shielding layer, a bottom gap layer, and the magneto-resistive effect component is carried out one by one on a substrate. Said each shielding layer and a magneto-resistive effect component are patternized. And the laminating of a vertical bias layer and the bottom electrode layer is carried out one by one so that the edge of the magneto-resistive effect component concerned may be touched. It is the shielding mold magneto-resistive effect sensor which the laminating of an upper gap layer and the upper shielding layer is carried out one by one on it, and changes. While using said magneto-resistive effect component as the magneto-resistive effect component of which the laminating of a substrate layer / antiferromagnetism layer / fixed magnetic layer / the 1st MR enhancing layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / free magnetic layer is carried out one by one, and it consists The shielding mold magneto-resistive effect sensor characterized by constituting said fixed magnetic layer with the simple substance which consists of a group who uses Co, N, and Fe as the base, an alloy, or a cascade screen.

[Claim 9] The laminating of a vertical bias layer and the bottom electrode layer is carried out one by one so that the laminating of a bottom shielding layer, a bottom gap layer, and the magneto-resistive effect component may be carried out one by one on a substrate, and said each shielding layer and a magneto-resistive effect component may be patternized and it may lap with the upper part of the magneto-resistive effect component concerned in part, and the laminating of an upper gap layer and the upper shielding layer is carried out one by one on it. The shielding mold magneto-resistive effect sensor which is a shielding mold magneto-resistive effect sensor, and is characterized by to constitute said fixed magnetic layer with the simple substance which consists of a group who uses Co, N, and Fe as the base, an alloy, or a cascade screen while using said magneto-resistive effect component as the magneto-resistive effect component of which the laminating of a substrate layer / antiferromagnetism layer / fixed magnetic layer / the 1st MR enhancing layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / free magnetic layer is carried out one by one, and it consists.

[Claim 10] The shielding mold magneto-resistive effect sensor according to claim 8 or 9 characterized by having had any one of each of the alloy of an amorphous magnetic material or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi, and constituting said 1st MR enhancing layer and the 2nd MR enhancing layer.

---

[Translation done.]



**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

**[Field of the Invention]** This invention relates to a magneto-resistive effect component and a shielding mold magneto-resistive effect sensor, and relates to a magneto-resistive effect component suitable as a magnetometric sensor for reading the storage information on record media, such as a magnetic disk, especially, and a shielding mold magneto-resistive effect sensor.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** Conventionally, the magnetic reading converter called a magneto-resistive effect mold sensor (MR sensor) or a magneto-resistive effect mold head is known. This can read data now in a magnetic front face by the big linearity consistency.

**[0003]** MR sensor detects a field signal through the resistance change as the strength of magnetic flux, and a function of a direction sensed by the reading component. MR sensor of such a conventional technique operates based on the anisotropy magnetic-reluctance (AMR) effectiveness that one component of resistance of a reading component changes in proportion to the square of the cosine of the include angle between the magnetization direction and the direction of perception current which flows the inside of a component. More detailed explanation of the AMR (anisotropy magnetic reluctance) effectiveness is indicated by the paper "Memory, Storage, and, Related Applications:IEEE Trans.- Mag.MAG-11, p.1039 (1975)" of D.A. Thompson (Thompson) etc.

**[0004]** Although vertical bias is impressed in the magnetic head using the AMR effectiveness in many cases in order to press down a Barkhausen noise, generally the case where antiferromagnetism ingredients, such as FeMn, NiMn, and a nickel oxide, are used is known as this vertical bias impression ingredient.

**[0005]** Furthermore, if it is in recently, the more remarkable magneto-resistive effect returned to spin shelf-life dispersion by the layer interface to which resistance change of a laminating magnetometric sensor accompanies spin shelf-life transmission and it of the electrical conduction electron between the magnetic layers through a non-magnetic layer is known. This magneto-resistive effect is called by various names, such as "giant magneto-resistance" and the "spin bulb effectiveness." Sensibility is improved and such a magnetic-reluctance sensor has a large resistance change rather than it is made of the suitable ingredient and is observed by the sensor using the AMR effectiveness. By this kind of MR sensor, the flat-surface internal resistance between one pair of ferromagnetic layers separated by the non-magnetic layer changes in proportion to the cosine of the include angle between the two magnetization directions of a layer.

**[0006]** Moreover, the laminating magnetism structure of resulting in high MR change produced by anti-parallel alignment of the magnetization in a magnetic layer to JP,2-61572,A is indicated. In this case, ferromagnetic transition metals and a ferromagnetic alloy are mentioned to the above-mentioned official report as an usable ingredient by the laminated structure. Moreover, it is indicated that FeMn is suitable as the structure which added the antiferromagnetism layer to one side of the two-layer ferromagnetism [ at least ] layer separated by the interlayer, and an antiferromagnetism layer.

[0007] Furthermore, it has the two-layer thin film layer of the ferromagnetic divided by the thin film layer of a non-magnetic metal object, when an impression field is zero, JP,4-358310,A and the magnetization direction of two ferromagnetic thin membrane layers cross at right angles, resistance between two uncombined ferromagnetic layers changes in proportion to the cosine of the include angle between the two magnetization directions of a layer, and MR sensor independent of the direction of the current passing through the inside of a sensor is indicated.

[0008] Furthermore, including the thin film layer of two ferromagnetics separated in the thin film layer of a non-magnetic metal ingredient, when an external impression field is zero, magnetization of the adjoining antiferromagnetic substance layer is kept perpendicular to JP,6-203340,A to the ferromagnetic layer of another side again. MR sensor based on the above-mentioned effectiveness is indicated.

[0009] And it is the spin bulb which has the configuration of the 1st magnetic layer / non-magnetic layer / the 2nd magnetic layer / antiferromagnetism layer, and JP,7-262529,A is shown the magneto-resistive effect component using the ingredient which added Cr, Mn, Pt, nickel, Cu, Ag, aluminum, Ti, Fe, Co, or Zn to the 1st and 2nd magnetic layers especially at CoZrNb, CoZrMo, FeSiAl, FeSi, NiFe, or this.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] With a magneto-resistive effect mold head, when it reproduces with an equal sense current value, the output is proportional to resistance variation. Since this resistance variation is the product of resistance rate of change and component resistance, an output becomes so large that the specific resistance of a component is high. Therefore, it becomes the leading improvement approach for the improvement in an output to raise component resistance, maintaining the conventional component and the resistance rate of change more than comparable. Then, it becomes effective to use the large charge of an amorphous alloy of specific resistance.

[0011] However, when these ingredients are used for a fixed magnetic layer, the magnitude of the one direction anisotropy given to a fixed magnetic layer from an antiferromagnetism layer is small. moreover, a substrate layer — if alloys, such as the charge of an amorphous alloy or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTaCoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi, are used for a free magnetic layer with a configuration called a /free magnetic layer / ratio magnetic layer / fixed magnetic layer / antiferromagnetism layer — the usual membrane formation approaches, such as DC magnetron sputtering and RF magnetron sputtering, — a ratio — it was difficult for the magnetic layer / fixed magnetic layer / antiferromagnetism layer to acquire a good property.

[0012]

[Objects of the Invention] This invention sets it as the purpose to offer the magneto-resistive effect component which can obtain a big playback output, improving un-arranging [ which this conventional example has ], and securing sufficient switched connection field to a fixed magnetic layer from an antiferromagnetism layer especially.

[0013]

[Means for Solving the Problem] the substrate which is the principal part in this invention — in the magneto-resistive effect component of a configuration of consisting of a layer / antiferromagnetism layer / fixed magnetic layer / non-magnetic layer / free magnetic layer, the simple substance which consists of a group who makes Co, nickel, and Fe a fixed magnetic layer at the base, an alloy, or a cascade screen is used. Moreover, alloys, such as an amorphous magnetic material or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi, are used for a free magnetic layer.

[0014] Furthermore, in the magneto-resistive effect component of the configuration of a substrate layer / antiferromagnetism layer / fixed magnetic layer / the 1st MR enhancing layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / free magnetic layer, alloys, such as an ARUMOFASU magnetic material or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi, are used for the 1st and 2nd MR enhancing layer.

[0015] In the former, since a fixed magnetic layer is in right above [ antiferromagnetism layer ],

especially the magnitude of the switched connection field which is an important element is decided as a magnetic property of a fixed magnetic layer by the configuration of a substrate layer / antiferromagnetism layer / fixed magnetic layer, and it is not influenced [ by which a laminating is carried out on it ] of an enhancing layer or a free magnetic layer. Therefore, if the substrate layer / antiferromagnetism layer / fixed magnetic layer is made the configuration from which a sufficiently big switched connection field is acquired, it will become what switched connection field sufficient also as a magneto-resistive effect component for a fixed magnetic layer was given, and component actuation [ \*\*\*\* ] will be obtained.

[0016]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained according to a drawing.

[0017] (Gestalt of the 1st operation) This is shown in drawing 1 . The 1st operation gestalt shown in this drawing 1 shows a shielding mold magneto-resistive effect sensor. This shielding mold magneto-resistive effect sensor carries out the laminating of the bottom shielding layer 2, the bottom gap layer 3, and the magneto-resistive effect component 6 one by one on a substrate 1. The laminating of the gap convention insulating layer 7 may be carried out on it. The bottom shielding layer 2 is patternized by suitable magnitude according to the photoresist process (PR process).

[0018] The magneto-resistive effect component 6 is patternized by the suitable magnitude configuration according to PR process. Moreover, the laminating of the vertical bias layer 4 and the bottom electrode layer 5 is carried out one by one, and the laminating of the upper gap layer 8 and the upper shielding layer 9 is further carried out one by one so that the edge of this magneto-resistive effect component 6 may be touched.

[0019] As a bottom shielding layer 2 of the type of this drawing 1 , alloys, such as NiFe, CoZr, CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, or CoZrMoNi, or FeAlSi, a nitriding iron system ingredient, etc. can be used, and thickness can be applied in 0.5-10 [μm].

[0020] Moreover, the bottom gap layer 3 can apply SiO<sub>2</sub>, aluminium nitride, silicon nitride, diamond-like carbon, etc. besides an alumina. Use in 0.01-0.20 [μm] range is desirable. As a bottom electrode, the simple substance, the alloy, or mixture which consists of Zr, Ta, and Mo is desirable. As for the thickness range, 0.01-0.10 [μm] are good.

[0021] As a vertical bias layer 4; CoCrPt, CoCr, CoPt, CoCrTa, FeMn, NiMn, nickel oxide, a NiCo oxide, IrMn, PtPdMn, ReMn, etc. can be used.

[0022] Furthermore, as a gap convention insulating layer 7, an alumina, SiO<sub>2</sub>, aluminium nitride, silicon nitride, diamond-like carbon, etc. are applicable. Use in 0.005-0.05 [μm] range is desirable. The upper gap layer 8 can apply an alumina, SiO<sub>2</sub>, aluminium nitride, silicon nitride, diamond-like carbon, etc. Use in 0.01-0.20 [μm] range is desirable.

[0023] NiFe, CoZr or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, FeAlSi, a nitriding iron system ingredient, etc. can be used for the upper shielding layer 9, and thickness can be applied in 0.5-10 [μm].

[0024] Moreover, an example of the magneto-resistive effect component 6 is shown in drawing 2 . This drawing 2 is the conceptual diagram of the film configuration of the magneto-resistive effect component 6. In this drawing 2 , it is the structure which carried out the laminating of the antiferromagnetism layer 12, the fixed magnetic layer 13, a non-magnetic layer 15, the free magnetic layer 17, and the protective layer 18 one by one on the substrate layer 11.

[0025] Moreover, other examples of the magneto-resistive effect component 6 are shown in drawing 3 . The example of this drawing 3 is the structure which carried out the laminating of the antiferromagnetism layer 12, the fixed magnetic layer 13, the 1st MR enhancing layer 14, a non-magnetic layer 15, the 2nd MR enhancing layer 16, the free magnetic layer 17, and the protective layer 18 one by one on the substrate layer 11. under the present circumstances, fixed magnetism -- the simple substance which consists of a group who uses Co, nickel, and Fe as the base as 13, an alloy, or a cascade screen is used. 1-50 [nm] extent of thickness is desirable.

[0026] Moreover, as a 1st MR enhancing layer 14, alloys, such as CoFeB(s), such as Co, Fe,



nickel, NiFeCo, and FeCo, or CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi, or an amorphous magnetic material is used. 0.5–5 [nm] extent of thickness is desirable. Although MR ratio falls a little compared with the case where this is used when not using the 1st MR enhancing layer 14, the routing counter which production takes only a part not to use decreases.

[0027] As a non-magnetic layer 15, the ingredient which added Ag of 1–20 [at%] extent to Cu and Cu, the ingredient which added Re of 1–20 [at%] extent to Cu, and a Cu–Au alloy can be used. As for thickness, 2–4 [nm] are desirable.

[0028] As a 2nd MR enhancing layer 16, each alloy, such as CoFeB(s), such as Co, NiFeCo, and FeCo, or CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi, or an amorphous magnetic material can be used. 0.5–3 [nm] extent of thickness is desirable. Although MR ratio falls a little compared with the case where it uses when not using the 2nd MR enhancing layer 16 in this case, either, the routing counter which production takes only a part not to use decreases.

[0029] As a free magnetic layer 17, monolayers, such as NiFe, NiFeCo, CoZrNb, CoZrMo, FeCoB, Sendust, a nitriding iron system ingredient, and FeCo, mixture, or a cascade screen can be used. 1–10 [nm] extent of thickness is desirable. In the case of the ingredient with which the free magnetic layer used NiFe, NiFeCo, and FeCo as the base, by setting a substrate layer to Ta, Hf, Zr, W, etc., the crystallinity of a free magnetic layer and a non-magnetic layer can be made good, and MR ratio can be raised.

[0030] As a protective layer 18, the oxide of the group who consists of aluminum, Si, Ta, and Ti or a nitride, the groups that consist of Cu, Au, Ag, Ta, Hf, Zr, Ir, Si, Pt, Ti, Cr, aluminum, and C, or those mixture can be used. And although corrosion resistance improves by using this, when not using, the number of production processes decreases conversely and productivity improves.

[0031] The shielding mold magneto-resistive effect sensor equipped with the above-mentioned magneto-resistive effect component 6 is put side by side with the write-in head section by the inductive coil, and, thereby, is used as magneto-resistive effect mold head equipment of record playback one apparatus.

[0032] (Gestalt of the 2nd operation) This is shown in drawing 4. The 2nd operation gestalt shown in this drawing 4 shows other examples of a shielding mold magneto-resistive effect sensor. The shielding mold magneto-resistive effect sensor in this drawing 4 carries out the laminating of the bottom shielding layer 22, the bottom gap layer 23, and the magneto-resistive effect component 6 on a substrate 12. The shielding layer 22 is patternized by suitable magnitude according to PR process.

[0033] in this case, the magneto-resistive effect component 6 is patternized in a suitable magnitude configuration according to PR process — having — \*\*\*\* — that upper part — 1 — \*\*\*\* — the laminating of the vertical bias layer 24 and the bottom electrode layer 25 is carried out one by one like. Moreover, the laminating of the upper gap layer 28 and the upper shielding layer 29 is carried out one by one.

[0034] Moreover, like the case of the 1st operation gestalt mentioned above as a bottom shielding layer 22, alloys, such as NiFe, CoZr, CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, or CoZrMoNi, or FeAlSi, a nitriding iron system ingredient, etc. can be used, and thickness can be applied in 0.5–10 [μm].

[0035] About other configurations and functions, it is the same as that of the 1st operation gestalt shown in drawing 1 mentioned above.

[0036] (Gestalt of the 3rd operation) Next, the gestalt of the 3rd operation is explained based on drawing 5 thru/or drawing 6. This drawing 5 thru/or drawing 6 is the conceptual diagram of the record reproducing head which equipped the shielding mold magneto-resistive effect sensor mentioned above.

[0037] First, the record reproducing head shown in drawing 5 consists of the reproducing-head section using the magneto-resistive effect component 6 in the 1st or 2nd operation gestalt mentioned above, and the recording head section of an inductive mold. Here, although the example of loading of the recording head section for longitudinal magnetic recording was shown, you may use as an object for vertical recording by combining with the head for vertical magnetic

recordings the magneto-resistive effect component 6 mentioned above.

[0038] The record reproducing head is constituted by the reproducing-head section which consists of the lower shielding film 31, the thin film-like magneto-resistive effect component 32 and an electrode 33, and up shielding film 34 on a base 30, and the recording head section which consists of the lower magnetic film 36, a coil 37, and an up magnetic film 38. Here, the up shielding film 34 and the lower magnetic film 36 are not cared about even if common. By this record reproducing head, a signal is written in a record medium 100, and a predetermined signal is read in a record medium 100.

[0039] And a part for the sensor of the reproducing-head section and the magnetic gap of the recording head section are equipping the location piled up on the same slider in this way, and positioning is possible for coincidence on the same track. That is, this head is processed into a slider and it is used, carrying in a magnetic recorder and reproducing device.

[0040] Drawing 6 is the partial perspective view in which showing the physical relationship of the record reproducing head and the magnetic-recording medium which used the above-mentioned magneto-resistive effect component and which was omitted in part. In this drawing 6, on the base 30 which served as the body of a slider, thin film-like the magneto-resistive effect component 32 and an electrode layer 33 are attached, and it reproduces by positioning this on a record medium 100. A record medium 100 rotates, and the base 30 as a body of a slider counters in the state of the height below 0.2 [ $\mu\text{m}$ ], or contact, and motions a record-medium 100 top relatively. According to this device, the magneto-resistive effect component 51 is set as the location which can read in that leakage field the magnetic signal recorded on the record medium 100.

[0041] Next, the example (example) of the above-mentioned operation gestalt is explained, and the effectiveness is mentioned.

[0042]

[Example] First, in order to compare with the magneto-resistive effect component in the above-mentioned operation gestalt, the magneto-resistive effect film was created with a configuration called glass substrate / nickel oxide (50nm) / Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(3nm)/Cu(2.5nm)/Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(1nm)/nickel<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> (5nm). Magnetron sputtering equipment performed membrane formation in the impression field of 500 [Oe].

[0043] When the field was impressed in the direction parallel to a membrane formation field for this magneto-resistive effect film and the M-H curve was made to draw, the resistance rate of change 7 [%] was obtained. The specific resistance of this component is 25 [ $\mu\text{megacm}$ ] in an impression magnetic field "0", and specific resistance variation was set to 1.75 [ $\mu\text{megacm}$ ].

[0044] Next, the magneto-resistive effect film was created using various alloys to the fixed magnetic layer with a configuration called a glass substrate / nickel oxide (50nm) / Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(3nm) / Cu (2.5nm) / fixed magnetic layer (6nm). Magnetron sputtering equipment performed membrane formation in the impression field of 500 [Oe]. A field is impressed in the direction parallel to a membrane formation field for this magneto-resistive effect film, and the resistance rate of change, specific resistance, and specific resistance variation at the time of making a M-H curve draw are shown in the graph of drawing 7. In any case, it was based on the case where an ingredient which was mentioned to the graph of this drawing 7 is not used, and specific resistance variation increased.

[0045] Next, the magneto-resistive effect film was created with a configuration called glass substrate / nickel oxide (50nm) / Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(1.5nm)/Co<sub>74</sub>Zr<sub>6</sub> Mo<sub>20</sub>(1.5nm)/Cu(2.5nm)/Co<sub>74</sub>Zr<sub>6</sub> Mo<sub>20</sub> (6nm). Magnetron sputtering equipment performed membrane formation in the impression field of 500 [Oe]. When the field was impressed in the direction parallel to a membrane formation field for this magneto-resistive effect film and the M-H curve was made to draw, the resistance rate of change 6.0 [%] was obtained. The specific resistance of this component was 65 [ $\mu\text{megacm}$ ] in the impression magnetic field "0", specific resistance variation is 3.9 [ $\mu\text{megacm}$ ] and specific resistance variation was set to 3.9 [ $\mu\text{megacm}$ ].

[0046] Next, the magneto-resistive effect film was created with a configuration called glass substrate / nickel oxide (50nm) / Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(1.5nm)/Co<sub>74</sub>Zr<sub>6</sub> Mo<sub>20</sub>(1.5nm)/Cu(2.5m)/Co<sub>74</sub>Zr<sub>6</sub> Mo<sub>20</sub>(3nm)/nickel<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>. Magnetron sputtering equipment performed membrane formation in the



impression field of 500 [Oe]. When the field was impressed in the direction parallel to a membrane formation field for this magneto-resistive effect film and the M-H curve was made to draw, the resistance rate of change 5.0 [%] was obtained. The specific resistance of this component is 45 [ $\mu\text{megacm}$ ] in an impression magnetic field "0", and specific resistance variation was set to 2.25 [ $\mu\text{megacm}$ ].

[0047] Furthermore it continued and the magneto-resistive effect film was created with a configuration called glass substrate / nickel oxide (50nm) / Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(3.0nm)/Cu (2.5nm)/Co<sub>90</sub>Zr<sub>3</sub> Nb<sub>5</sub>/(3nm) Ru(0.4nm)/Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub> Nb<sub>5</sub> (3nm). Magnetron sputtering equipment performed membrane formation in the impression field of 500 [Oe].

[0048] When the field was impressed in the direction parallel to a membrane formation field for this magneto-resistive effect film and the M-H polar-line was made to draw, the resistance rate of change 4.8 [%] was obtained. Also in the component patternized to 1 [ $\mu\text{m}$ ] width of face by the film of this configuration, field sensibility was good.

[0049] This is two Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub> Nb(s)<sub>5</sub> of the Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub> Nb<sub>5</sub>/(3nm) Ru(0.4nm)/Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub> section (3nm). Since the layer is carrying out coupling in anti ferro through Ru, it thinks because activation-magnetization of the free magnetic layer 17 becomes very small and magnetostatic association between the fixed magnetic layer 13 and the free magnetic layer 17 becomes small. The specific resistance of this component is 43 [ $\mu\text{megacm}$ ] in an impression magnetic field "0", and specific resistance variation was set to 2.1 [ $\mu\text{megacm}$ ].

[0050] Next, the magneto-resistive effect film was created with a configuration called glass substrate / nickel oxide (50nm) / Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(2nm)/Ru(0.4nm)/Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(2nm)/Cu (2.5nm)/Co<sub>92</sub>Ze<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub> (3nm). Magnetron sputtering equipment performed membrane formation in the impression field of 500 [Oe]. When the field was impressed in the direction parallel to a membrane formation field for this magneto-resistive effect film and the M-H curve was made to draw, the resistance rate of change 4.9 [%] was obtained.

[0051] Also in the component patternized to 1 [ $\mu\text{m}$ ] width of face by the film of this configuration, field sensibility was good. Since two CoFe layers of the Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub> (2nm) / Ru (0.4nm) / Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub> (2nm) section are carrying out coupling in anti ferro through Ru, this has very small activation-magnetization of the free magnetic layer 17, and is considered because magnetostatic association between the fixed magnetic layer 13 and the free magnetic layer 17 becomes small. The specific resistance of this component is 41 [ $\mu\text{megacm}$ ] in an impression magnetic field "0", and specific resistance variation was set to 2.0 [ $\mu\text{megacm}$ ].

[0052] Next, the magneto-resistive effect film was created with a configuration called glass substrate / nickel oxide (50nm) / Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(3nm)/Ru(0.4nm)/Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(3nm)/Cu (2.5nm)/Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub> Ru(3nm) (0.4nm)/Co<sub>92</sub>ZrNb<sub>5</sub> (3nm). Magnetron sputtering equipment performed membrane formation in the impression field of 500 [Oe].

[0053] When the field was impressed in the direction parallel to a membrane formation field for this magneto-resistive effect film and the M-H curve was made to draw, the resistance rate of change 4.5 [%] was obtained. Also in the component patternized to 1 [ $\mu\text{m}$ ] width of face by the film of this configuration, field sensibility was good.

[0054] This is two Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub> Nb(s), two CoFe layers of Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(2nm)/Ru(0.4nm)/Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub> (2nm), and the Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub> Nb<sub>5</sub>/(3nm) Ru(0.4nm)/Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub> Nb<sub>5</sub> section (3nm),5. A layer Since coupling is carried out in anti ferro through Ru, effectual magnetization of the free magnetic layer 17 is very small, and it thinks because magnetostatic association between the fixed magnetic layer 13 and the free magnetic layer 17 becomes small. The specific resistance of this component is 38 [ $\mu\text{megacm}$ ] in an impression magnetic field "0", and specific resistance variation was set to 1.7 [ $\mu\text{megacm}$ ].

[0055] Next, the magneto-resistive effect film was created using various alloys in the substrate layer / antiferromagnetism layer with a configuration called antiferromagnetism layer / Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub> (3nm)/Cu(2.5nm)/Co<sub>92</sub>ZrNb<sub>5</sub> (6nm). Magnetron sputtering equipment performed membrane formation in the impression field of 500 [Oe]. A field is impressed in the direction parallel to a membrane formation field for this magneto-resistive effect film, and the resistance rate of change, specific resistance, and specific resistance variation at the time of making a M-H curve draw are shown in the graph of drawing 8 .

[0056] Next, the example which applied these magneto-resistive effect film to the shielding mold component is shown. First, the shielding mold component (1st operation gestalt) of the type of drawing 1 was created. At this time, the alumina was used as NiFe and a bottom gap layer 3 as a bottom shielding layer 2. As a magneto-resistive effect component 6, the magnitude of 1x1 [ $\mu\text{m}$ ] was processed according to PR process, and nickel oxide (50nm) / Fe oxide (2nm) / Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub> (3nm) / Cu(2.5nm)/Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub> (6nm) was used.

[0057] And the laminating of the bottom electrode layer 5 of Mo was carried out to CoCrPt so that the edge of the magneto-resistive effect component 6 might be touched. As an upper gap layer 8, NiFe was used as an alumina and an upper shielding layer 9. Thus, the formed sensor was built into a record playback one apparatus head like drawing 5, slider processing was carried out, it equipped on the CoCrTa system medium and record playback of the data was carried out.

[0058] Under the present circumstances, in 1.5 [ $\mu\text{m}$ ] and a write-in gap, 0.2 [ $\mu\text{m}$ ] and the reading width of recording track set [ the write-in width of recording track ] 1.0 [ $\mu\text{m}$ ] and a reading gap to 0.21 [ $\mu\text{m}$ ]. The coercive force of a medium is 2.5 [kO].

[0059] When record mark length was changed and the playback output was measured, the frequency was set to 150 [kFCI] by the mark length whom a playback output reduces by half. A playback output is 2.7 [mV] in maximum amplitude (peak to peak), and the wave with good symmetric property without a noise was acquired. Moreover, the S/N ratio was 26.3 [dB] and the error rate was ten to six or less.

[0060] Furthermore, although the environmental test was performed in 80 [°C] and 500 [Oe], the error rate did not change this head at all before 1500 hours.

[0061] Next, the shielding mold component (2nd operation gestalt) of the type of drawing 4 was created using the antiferromagnetism ingredient mentioned above. As a bottom shielding layer 2, as FeTaN and a bottom GYAFU layer 3, the magnitude of 1x1 [ $\mu\text{m}$ ] was processed according to PR process, and the amorphous carbon and magneto-resistive effect component 6 and nickel oxide (50nm) / Fe oxide (2nm) / Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(3nm)/Cu(2.5nm)/Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub> (6nm) were used at this time.

[0062] and the above-mentioned magneto-resistive effect component 6 — 1 — \*\*\*\* — the laminating of the bottom electrode layer 5 of Mo was carried out to CoCrPt like. As an upper gap layer 8, NiFe was used as an alumina and an upper shielding layer 9. This head section was included in the magnetic-head equipment of record playback one apparatus like drawing 5, slider processing was carried out, and record playback of the data was carried out on the CoCrTa system medium. Under the present circumstances, in 1.5 [ $\mu\text{m}$ ] and a write-in gap, 0.2 [ $\mu\text{m}$ ] and the reading width of recording track set [ the write-in width of recording track ] 1.0 [ $\mu\text{m}$ ] and a reading gap to 0.21 [ $\mu\text{m}$ ]. The coercive force of a medium is 2.5 [kO].

[0063] When record mark length was changed and the playback output was measured, the frequency was set to 150 [kFCI] by the mark length whom a playback output reduces by half. A playback output is 2.8 [mV] in maximum amplitude (peak to peak), and the wave with good symmetric property without a noise was acquired. The S/N ratio was 26.6 [dB] and the error rate was ten to six or less. Moreover, although the environmental test was performed in 80 [°C] and 500 [Oe], the error rate did not change this head at all before 1500 hours.

[0064] Next, the magnetic disk drive made as an experiment with the application of this invention is explained. The magnetic disk drive was equipped with the magnetic disk of three sheets on the base, and has stored the head drive circuit and the digital disposal circuit, and the input/output interface in the base rear face. It connects with the exterior by the 32-bit bus line. Six heads are arranged in both sides of a magnetic disk. The rotary actuator and drive for driving a head, the control circuit, and the spindle direct connection motor for disk rotation are carried.

[0065] The diameter of a magnetic disk is 46 [mm] and a data surface uses from the diameter 10 [mm] to 40 [mm]. Since it does not have a servo surface using an embedding servo system, densification is possible.

[0066] As for this equipment, direct continuation is possible as external storage of a small computer. Cache memory is carried in an input/output interface and it corresponds to the bus line whose transfer rate is per second 5 to 20 megabytes of range. Moreover, it is also possible by placing an external controller and connecting these two or more equipments to constitute a

mass magnetic disk drive.

[0067]

[Effect of the Invention] Since sufficient switched connection field from an antiferromagnetism layer to a fixed magnetic layer was secured as it mentioned above according to this, since this invention was constituted as mentioned above and functioned, the magneto-resistive effect component which can obtain a bigger playback output than before, and a shielding mold magneto-resistive effect sensor can be obtained.

---

[Translation done.]



**\* NOTICES \***

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** It is the outline sectional view showing the 1st operation gestalt concerning this invention.

**[Drawing 2]** It is the explanatory view showing the example of the magneto-resistive effect component indicated in drawing 1 .

**[Drawing 3]** It is the explanatory view showing other examples of the magneto-resistive effect component indicated in drawing 1 .

**[Drawing 4]** It is the outline sectional view showing the 2nd operation gestalt concerning this invention.

**[Drawing 5]** It is the outline perspective view in which showing the 3rd operation gestalt concerning this invention and which cut in part and was lacked.

**[Drawing 6]** It is the outline perspective view in which showing physical relationship with the magnetic-recording medium at the time of equipping the body of a slider with the magneto-resistive effect sensor concerning the operation gestalt of drawing 5 and which cut in part and was lacked.

**[Drawing 7]** It is the graph showing the result of having measured the resistance rate of change at the time of changing various materials of a fixed magnetic layer about the example of the magneto-resistive effect component in the example shown in drawing 1 etc.

**[Drawing 8]** It is the graph showing the result of having measured the resistance rate of change at the time of changing various materials of an antiferromagnetism layer about the example of the magneto-resistive effect component in the example shown in drawing 1 etc.

**[Description of Notations]**

- 1 Substrate (Base)
  - 2 Bottom Shielding Layer
  - 3 Bottom Gap Layer
  - 4 Vertical Bias Layer
  - 5 Bottom Electrode
  - 6 Magneto-resistive Effect Component (Magneto-resistive Effect Film)
  - 7 Gap Convention Insulating Layer
  - 8 Upper Gap Layer
  - 9 Upper Shielding Layer
  - 11 Substrate Layer
  - 12 Antiferromagnetism Layer
  - 13 Fixed Magnetic Layer
  - 14 1st MR Enhancing Layer
  - 15 Non-magnetic Layer
  - 16 2nd MR Enhancing Layer
  - 17 Free Magnetic Layer
  - 18 Protective Layer
-

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

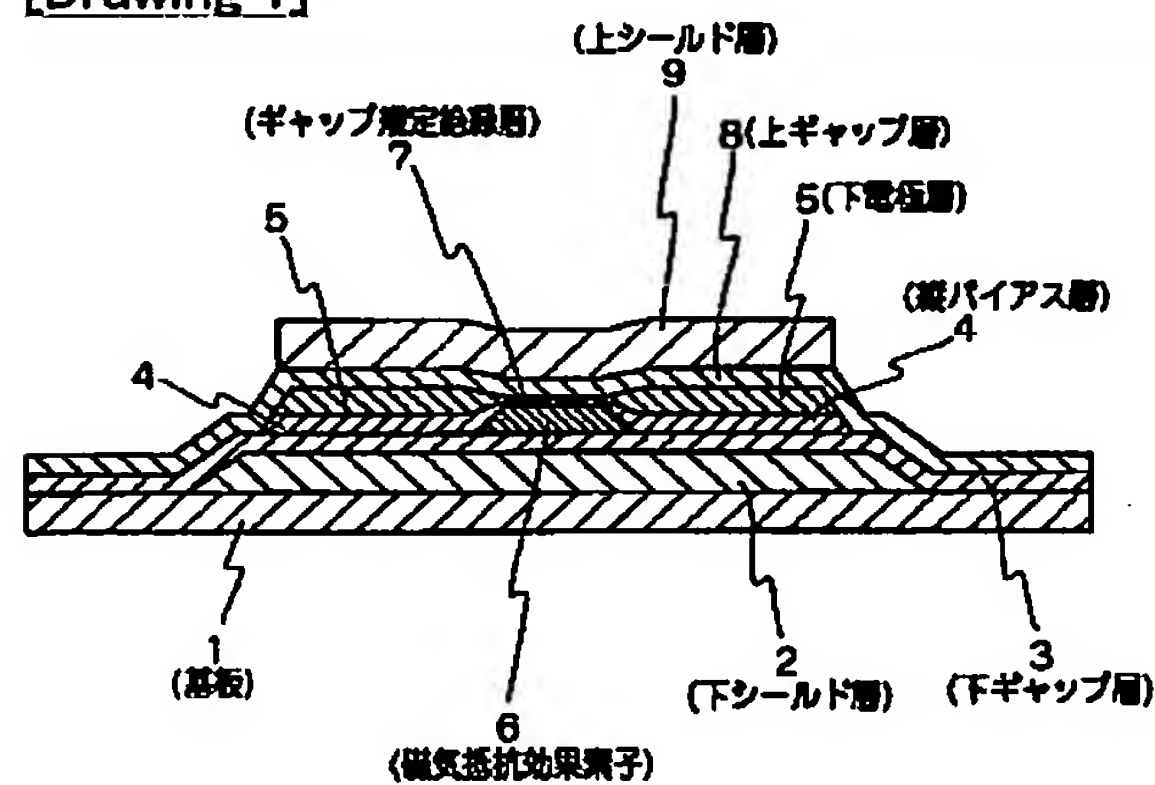
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

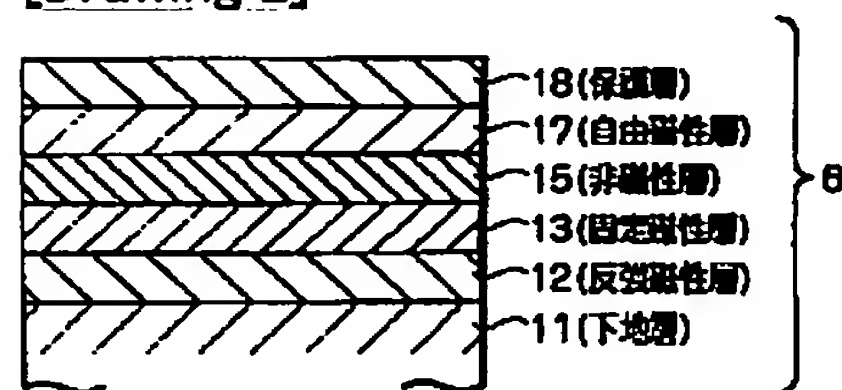
3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]



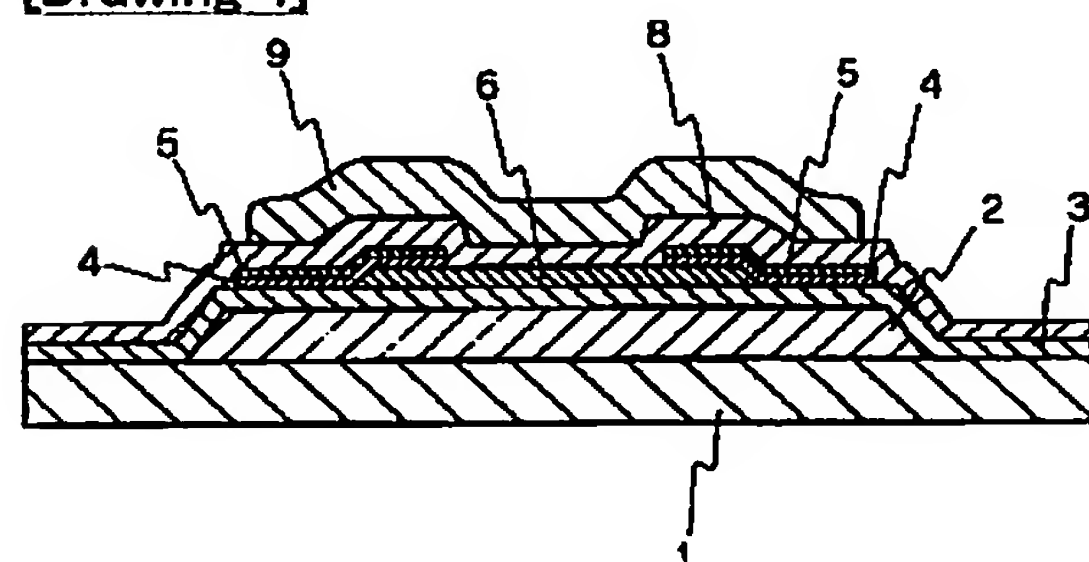
[Drawing 2]



[Drawing 3]

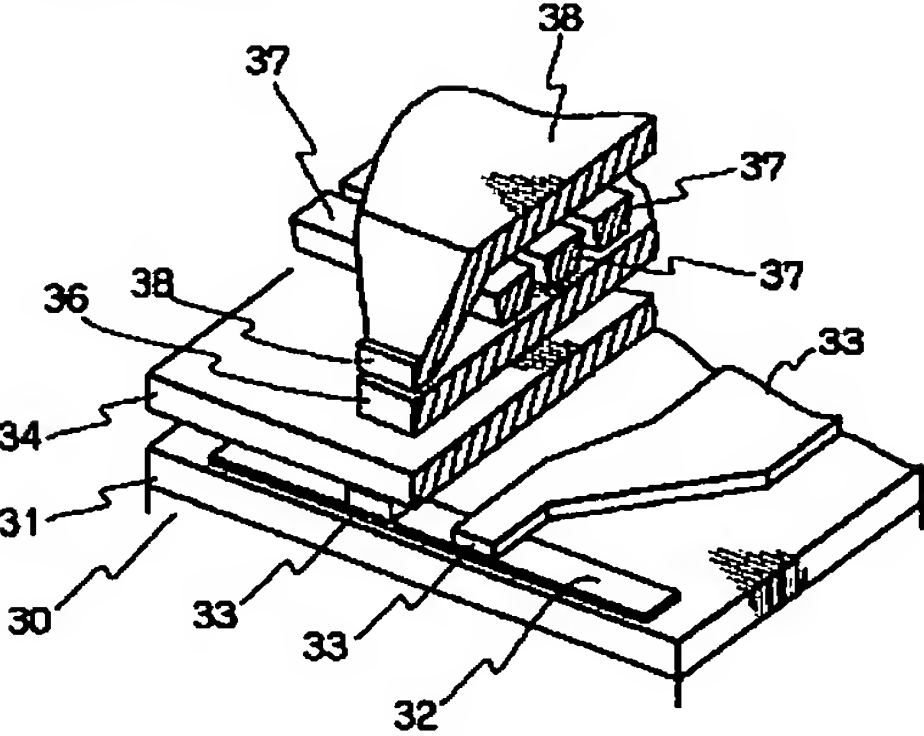


[Drawing 4]

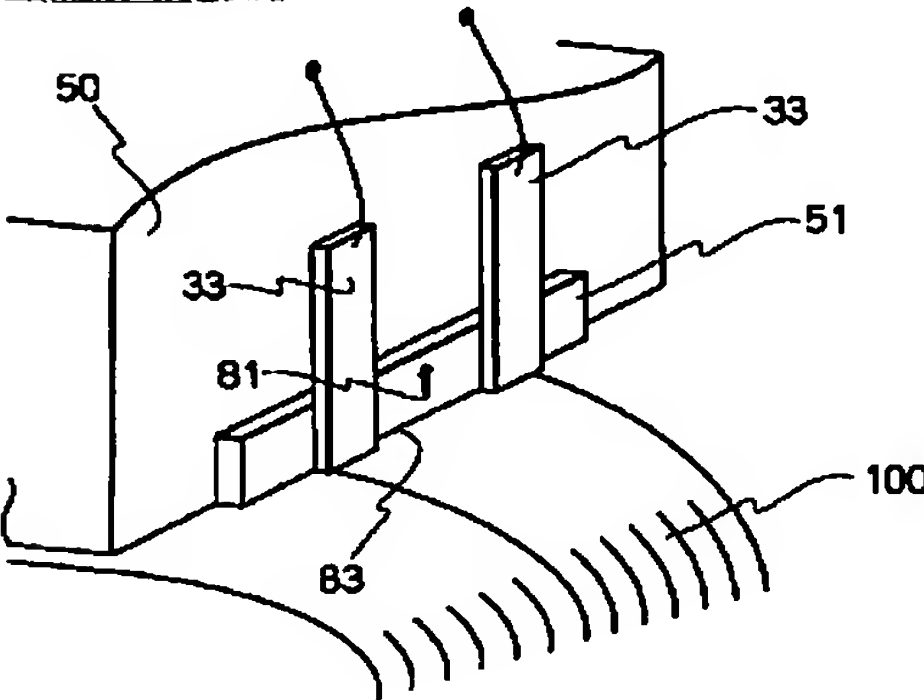




[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]

| 反強磁性層                        | 抵抗変化率 (%) | 比抵抗 ( $\mu\Omega\text{cm}$ ) | 比抵抗変化量 ( $\mu\Omega\text{cm}$ ) |
|------------------------------|-----------|------------------------------|---------------------------------|
| Ni酸化物 (50nm)                 | 6.7       | 63                           | 4.2                             |
| FeMn (10nm)                  | 4.5       | 58                           | 2.6                             |
| NiMn (30nm)                  | 4.2       | 46                           | 1.9                             |
| IrMn (30nm)                  | 4.5       | 57                           | 2.6                             |
| PtPdMn (30nm)                | 4.5       | 56                           | 2.5                             |
| Ni酸化物 (50nm)<br>/Co酸化物 (1nm) | 7.0       | 63                           | 4.4                             |
| Ni酸化物 (50nm)<br>/Fe酸化物 (2nm) | 6.5       | 62                           | 4.0                             |

[Drawing 8]

| 固定酸性質   | 抵抗変化率<br>(%) | 比抵抗<br>( $\mu\Omega\text{cm}$ ) | 比抵抗変化量<br>( $\mu\Omega\text{cm}$ ) |
|---|--------------|---------------------------------|------------------------------------|
| $\text{Co}_{82}\text{Zr}_8$                             | 6.8          | 50                              | 3.2                                |
| $\text{Co}_{83}\text{Zr}_{17}$                          | 5.0          | 62                              | 3.1                                |
| $\text{Co}_{83}\text{Hf}_8$                             | 6.2          | 52                              | 3.2                                |
| $\text{Co}_{83}\text{Ta}_{17}$                          | 5.3          | 64                              | 3.4                                |
| $\text{Co}_{83}\text{Ta}_7$                             | 6.4          | 61                              | 3.3                                |
| $\text{Co}_{83}\text{Zr}_3\text{Nb}_8$                  | 6.7          | 63                              | 4.2                                |
| $\text{Co}_{83}\text{Hf}_3\text{Pd}_3$                  | 6.5          | 63                              | 4.1                                |
| $\text{Co}_{83}\text{Ta}_3\text{Hf}_4$                  | 5.8          | 59                              | 3.4                                |
| $\text{Co}_{87}\text{Nb}_8\text{Hf}_4$                  | 5.6          | 57                              | 3.1                                |
| $\text{Co}_{87}\text{Ta}_8\text{Zr}_4$                  | 5.4          | 59                              | 3.2                                |
| $\text{Co}_{88}\text{Nb}_8\text{Zr}_3$                  | 5.8          | 61                              | 3.5                                |
| $\text{Co}_{83}\text{Zr}_6\text{Ta}_4$                  | 6.1          | 68                              | 3.5                                |
| $\text{Co}_{79}\text{Zr}_{10}\text{Mo}_9\text{Ni}_2$    | 5.8          | 66                              | 3.8                                |
| $\text{Co}_{82.5}\text{Zr}_{8.5}\text{Ta}_4\text{Nb}_8$ | 5.5          | 62                              | 3.4                                |
| $\text{Co}_{74}\text{Zr}_9\text{Mo}_{20}$               | 5.8          | 70                              | 4.1                                |
| $\text{Co}_{75}\text{Fe}_8\text{B}_{20}$                | 4.9          | 72                              | 3.5                                |

---

[Translation done.]

**(19) 日本国特許庁 (J P)**

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-154311

(43)公開日 平成10年(1998)6月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 1 1 B 5/39

**識別記号**

**F I**  
**G 1 1 B    5/39**

審査請求 有 請求項の数10 O.L (全 10 頁)

(21)出願番号                      特願平8-310568

(22)出願日 平成8年(1996)11月21日

(71)出願人 000004237

**日本電気株式会社**

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 林 一彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

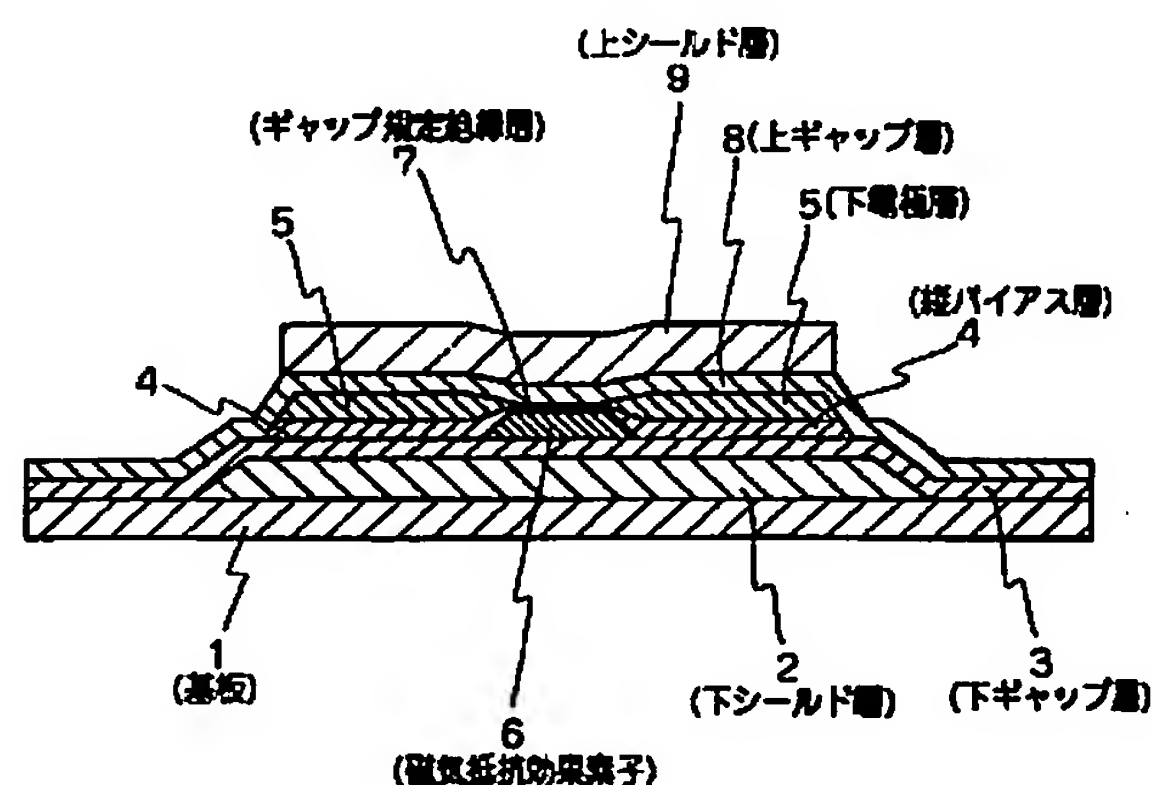
(74) 代理人 弁理士 高橋 勇

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子およびシールド型磁気抵抗効果センサ

(57) 【要約】

【課題】 反強磁性層から固定磁性層への十分な交換結合磁界を確保しつつ大きな再生出力を得ることが可能な磁気抵抗効果素子を提供すること。

【解決手段】 下地層 11／反強磁性層 12／固定磁性層 13／非磁性層 15／自由磁性層 17 が順次積層されて成る磁気抵抗効果素子 6 であって、前述した固定磁性層 13 を、Co、Ni、Fe をベースとするグループからなる単体、合金、又は積層膜からなる部材をもって構成する。更に、自由磁性層 17 を、アルモファス磁性材料、若しくは CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi の各合金の何れか一つをもって構成したこと。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下地層／反強磁性層／固定磁性層／非磁性層／自由磁性層が順次積層されて成る磁気抵抗効果素子において、

前記固定磁性層を、Co, Ni, Feをベースとするグループからなる単体、合金、又は積層膜からなる部材をもって構成し、

前記自由磁性層を、アルモファス磁性材料、若しくはCoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNiの各合金の何れか一つをもって構成したことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 下地層／反強磁性層／固定磁性層／第1MRエンハンス層／非磁性層／第2MRエンハンス層／自由磁性層が順次積層されて成る磁気抵抗効果素子において、

前記固定磁性層を、Co, Ni, Feをベースとするグループからなる単体、合金、又は積層膜から成る部材をもって構成し、

前記第1MRエンハンス層及び第2MRエンハンス層を、アモルファス磁性材料、若しくはCoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNiの各合金の何れか一つをもって構成したことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記自由磁性層を、第1固定磁性層／非磁性層／第2固定磁性層からなるサンドイッチ膜により構成したことを特徴とする請求項1又は2記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 固定磁性層を、第1固定磁性層／非磁性層／第2固定磁性層からなるサンドイッチ膜により構成したことを特徴とする請求項1又は2記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 基板上に下シールド層、下ギャップ層、および磁気抵抗効果素子が順次積層され、前記各シールド層および磁気抵抗効果素子はパターン化されており、且つ当該磁気抵抗効果素子の端部に接するように縦バイアス層および下電極層が順次積層され、その上に上ギャップ層および上シールド層が順次積層されて成るシールド型磁気抵抗効果センサであって、

前記磁気抵抗効果素子を、下地層／反強磁性層／固定磁性層／非磁性層／自由磁性層が順次積層されて成る磁気抵抗効果素子とすると共に、

前記固定磁性層を、Co, Ni, Feをベースとするグループからなる単体、合金、又は積層膜からなる部材をもって構成したことを特徴とするシールド型磁気抵抗効果センサ。

【請求項6】 基板上に下シールド層、下ギャップ層、

および磁気抵抗効果素子が順次積層され、前記各シールド層および磁気抵抗効果素子はパターン化されており、且つ当該磁気抵抗効果素子の上部に一部重なるように縦バイアス層および下電極層が順次積層され、その上に上ギャップ層、上シールド層が順次積層されて成るシールド型磁気抵抗効果センサであって、

前記磁気抵抗効果素子を、下地層／反強磁性層／固定磁性層／非磁性層／自由磁性層が順次積層されて成る磁気抵抗効果素子とすると共に、

前記固定磁性層を、Co, Ni, Feをベースとするグループからなる単体、合金、又は積層膜からなる部材をもって構成したことを特徴とするシールド型磁気抵抗効果センサ。

【請求項7】 前記 前記自由磁性層を、アルモファス磁性材料、若しくはCoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNiの各合金の何れか一つをもって構成したことを特徴とする請求項5又は6記載のシールド型磁気抵抗効果センサ。

【請求項8】 基板上に下シールド層、下ギャップ層、および磁気抵抗効果素子が順次積層され、前記各シールド層および磁気抵抗効果素子はパターン化されており、且つ当該磁気抵抗効果素子の端部に接するように縦バイアス層および下電極層が順次積層され、その上に上ギャップ層および上シールド層が順次積層されて成るシールド型磁気抵抗効果センサであって、

前記磁気抵抗効果素子を、下地層／反強磁性層／固定磁性層／第1MRエンハンス層／非磁性層／第2MRエンハンス層／自由磁性層が順次積層されて成る磁気抵抗効果素子とすると共に、

前記固定磁性層を、Co, N, Feをベースにするグループからなる単体、合金、又は積層膜をもって構成したことを特徴とするシールド型磁気抵抗効果センサ。

【請求項9】 基板上に下シールド層、下ギャップ層、および磁気抵抗効果素子が順次積層され、前記各シールド層および磁気抵抗効果素子はパターン化されており、且つ当該磁気抵抗効果素子の上部に一部重なるように縦バイアス層および下電極層が順次積層され、その上に上ギャップ層、上シールド層が順次積層されている。シールド型磁気抵抗効果センサであって、

前記磁気抵抗効果素子を、下地層／反強磁性層／固定磁性層／第1MRエンハンス層／非磁性層／第2MRエンハンス層／自由磁性層が順次積層されて成る磁気抵抗効果素子とすると共に、

前記固定磁性層を、Co, N, Feをベースにするグループからなる単体、合金、又は積層膜をもって構成したことを特徴とするシールド型磁気抵抗効果センサ。

【請求項10】 前記第1MRエンハンス層および第2MRエンハンス層を、アモルファス磁性材料、若しくは

CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNiの各合金の何れか一つをもって構成したことを特徴とする請求項8又は9記載のシールド型磁気抵抗効果センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気抵抗効果素子およびシールド型磁気抵抗効果センサに係り、特に、磁気ディスク等の記録媒体の記憶情報を読み取るための磁気センサとして好適な磁気抵抗効果素子およびシールド型磁気抵抗効果センサに関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、磁気抵抗効果型センサ（MRセンサ）又は磁気抵抗効果型ヘッドと呼ばれる磁気読み取り変換器が知られている。これは、大きな線形密度で磁性表面からデータを読み取れるようになっている。

【0003】MRセンサは、読み取り素子によって感知される磁束の強さと方向の関数としての抵抗変化を介して磁界信号を検出する。こうした従来技術のMRセンサは、読み取り素子の抵抗の1成分が磁化方向と素子中を流れる感知電流の方向の間の角度の余弦の2乗に比例して変化する異方性磁気抵抗（AMR）効果に基づいて動作する。AMR（異方性磁気抵抗）効果のより詳しい説明は、D. A. トムソン（Thompson）等の論文「Memory, Storage, and Related Applications: IEEE Transaction Mag. MAG-11, p. 1039（1975）」に開示されている。

【0004】AMR効果を用いた磁気ヘッドでは、バルクハウゼンノイズを押さえるために縦バイアスを印加することが多いが、この縦バイアス印加材料として、FeMn, NiMn, ニッケル酸化物などの反強磁性材料を用いる場合が、一般に知られている。

【0005】更に、近時にあっては、積層磁気センサの抵抗変化が、非磁性層を介する磁性層間での電導電子のスピンの保存性伝送及びそれに付随する層界面でのスピンの保存性散乱に帰される、より顕著な磁気抵抗効果が知られている。この磁気抵抗効果は、「巨大磁気抵抗効果」や「スピン・バルブ効果」など様々な名称で呼ばれている。このような磁気抵抗センサは適当な材料で出来ており、AMR効果を利用するセンサで観察されるよりも、感度が改善され、抵抗変化が大きい。この種のMRセンサでは、非磁性層で分離された1対の強磁性層の間の平面内抵抗が、2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化する。

【0006】また、特開平2-61572号公報には、磁性層内の磁化の反平行整列によって生じる高いMR変化をもたらす積層磁性構造が記載されている。この場

合、積層構造で使用可能な材料として、上記公報には強磁性の遷移金属および合金が挙げられている。また、中間層により分離している少なくとも2層の強磁性層の一方に反強磁性層を付加した構造および反強磁性層としてFeMnが適当であることが開示されている。

【0007】更に、特開平4-358310号公報には、非磁性金属体の薄膜層によって仕切られた強磁性体の2層の薄膜層を有し、印加磁界が零である場合に2つの強磁性薄膜層の磁化方向が直交し、2つの非結合強磁性体層間の抵抗が2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化する、センサ中を通る電流の方向とは独立な、MRセンサが開示されている。

【0008】更に又、特開平6-203340号公報には、非磁性金属材料の薄膜層で分離された2つの強磁性体の薄膜層を含み、外部印加磁界がゼロのとき、隣接する反強磁性体層の磁化が他方の強磁性体層に対して垂直に保たれる。上記の効果に基づくMRセンサが開示されている。

【0009】そして、特開平7-262529号公報には、第1磁性層／非磁性層／第2磁性層／反強磁性層の構成を有するスピバルブであって、特に第1および第2磁性層にCoZrNb, CoZrMo, FeSiAl, FeSi, NiFe、或いはこれに、Cr, Mn, Pt, Ni, Cu, Ag, Al, Ti, Fe, Co又はZnを添加した材料を用いた磁気抵抗効果素子が提示されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】磁気抵抗効果型ヘッドでは、等しいセンス電流値で再生を行った場合に、その出力は抵抗変化量に比例する。この抵抗変化量は、抵抗変化率と素子抵抗との積であるので、出力は素子の比抵抗が高いほど大きくなる。従って、従来の素子と同程度以上の抵抗変化率を維持しながら、素子抵抗を上昇させることが出力向上のための有力な改善方法となる。そこで、比抵抗の大きいアモルファス合金材料を用いることが有効になる。

【0011】しかしながら、これらの材料を固定磁性層に用いると反強磁性層から固定磁性層に付与される一方方向異方性の大きさが小さい。また、下地層／自由磁性層／比磁性層／固定磁性層／反強磁性層という構成では、自由磁性層に、アモルファス合金材料又はCoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNi等の合金を用いると、DCマグネトロンスパッタやRFマグネトロンスパッタなどの通常の成膜方法では、比磁性層／固定磁性層／反強磁性層部に良好な特性を得ることが困難であった。

【0012】

【発明の目的】本発明は、かかる従来例の有する不都合



を改善し、とくに反強磁性層から固定磁性層への十分な交換結合磁界を確保しつつ大きな再生出力を得ることが可能な磁気抵抗効果素子を提供することを、その目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明では、その主要部である下地層／反強磁性層／固定磁性層／非磁性層／自由磁性層から成る構成の磁気抵抗効果素子においては、固定磁性層に、Co, Ni, Feをベースにするグループからなる単体、合金、又は積層膜を用いる。又、自由磁性層には、アモルファス磁性材料、或いはCoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNi等の合金を用いる。

【0014】更に、下地層／反強磁性層／固定磁性層／第1MRエンハンス層／非磁性層／第2MRエンハンス層／自由磁性層という構成の磁気抵抗効果素子においては、第1, 第2MRエンハンス層にアモルファス磁性材料、或いはCoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNi等の合金を用いる。

【0015】前者では、反強磁性層直上に固定磁性層があるために固定磁性層の磁気的特性として特に重要な要素である交換結合磁界の大きさは下地層／反強磁性層／固定磁性層の構成により決まり、その上に積層されるエンハンス層や自由磁性層の影響を受けない。従って、下地層／反強磁性層／固定磁性層を十分大きな交換結合磁界が得られる構成にしておけば、磁気抵抗効果素子としても固定磁性層に十分な交換結合磁界を付与されたものとなり、案内な素子動作が得られる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に従って説明する。

【0017】（第1の実施の形態）図1にこれを示す。この図1に示す第1の実施形態は、シールド型磁気抵抗効果センサを示すものである。このシールド型磁気抵抗効果センサは、基板1上に下シールド層2, 下ギャップ層3, 磁気抵抗効果素子6を順次積層させる。その上にギャップ規定絶縁層7を積層させることもある。下シールド層2は、適当な大きさにフォトリソ工程（PR工程）によりパターン化されている。

【0018】磁気抵抗効果素子6は、PR工程により適当な大きさ形状にパターン化されている。また、この磁気抵抗効果素子6の端部に接するように、縦バイアス層4および下電極層5が順次積層され、更に、上ギャップ層8, 上シールド層9が順次積層されている。

【0019】この図1のタイプの、下シールド層2とし

ては、NiFe, CoZr, CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, 又はCoZrMoNi等の合金、或いはFeAlSi, 窒化鉄系材料等を用いることができ、膜厚は0.5~10〔μm〕の範囲で適用可能である。

【0020】又、下ギャップ層3は、アルミナ以外にも、SiO<sub>2</sub>, 窒化アルミニウム, 窒化シリコン, ダイヤモンドライクカーボン等が適用可能である。0.01~0.20〔μm〕範囲での使用が望ましい。下電極としては、Zr, Ta, Moからなる単体もしくは合金もしくは混合物が望ましい。膜厚範囲は0.01~0.10〔μm〕がよい。

【0021】縦バイアス層4としては、CoCrPt, CoCr, CoPt, CoCrTa, FeMn, NiMn, Ni酸化物, NiCo酸化物, IrMn, PtPdMn, ReMn等を用いることができる。

【0022】更に、ギャップ規定絶縁層7としては、アルミナ, SiO<sub>2</sub>, 窒化アルミニウム, 窒化シリコン, ダイヤモンドライクカーボン等が適用可能である。0.005~0.05〔μm〕範囲での使用が望ましい。上ギャップ層8は、アルミナ, SiO<sub>2</sub>, 窒化アルミニウム, 窒化シリコン, ダイヤモンドライクカーボン等が適用可能である。0.01~0.20〔μm〕範囲での使用が望ましい。

【0023】上シールド層9にはNiFe, CoZr, 又はCoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNi合金, FeAlSi, 窒化鉄系材料等を用いることができ、膜厚は0.5~10〔μm〕の範囲で適用可能である。

【0024】また、図2に、磁気抵抗効果素子6の一例を示す。この図2は磁気抵抗効果素子6の膜構成の概念図である。この図2において、下地層11上に反強磁性層12, 固定磁性層13, 非磁性層15, フリー磁性層17および保護層18を順次積層した構造である。

【0025】また、図3に、磁気抵抗効果素子6の他の一例を示す。この図3の例は、下地層11上に反強磁性層12, 固定磁性層13, 第1MRエンハンス層14, 非磁性層15, 第2MRエンハンス層16, フリー磁性層17および保護層18を順次積層した構造である。この際、固定磁性13としては、Co, Ni, Feをベースにするグループからなる単体、合金、又は積層膜を用いる。膜厚は1~50〔nm〕程度が望ましい。

【0026】又、第1MRエンハンス層14としてはCo, Fe, Ni, NiFeCo, FeCo等、又はCoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoN



bHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNi等の合金、又はアモルファス磁性材料を用いる。膜厚は0.5～5〔nm〕程度が望ましい。第1MRエンハンス層14を用いない場合は、これを使用した場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する工程数は低減する。

【0027】非磁性層15としては、Cu, Cuに1～20〔at%〕程度のAgを添加した材料、Cuに1～20〔at%〕程度のReを添加した材料、Cu-Au合金を用いることができる。膜厚は2～4〔nm〕が望ましい。

【0028】第2MRエンハンス層16としては、Co, NiFeCo, FeCo等、又はCoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNi等の各合金、又はアモルファス磁性材料を用いることができる。膜厚は0.5～3〔nm〕程度が望ましい。この場合も、第2MRエンハンス層16を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する工程数は低減する。

【0029】フリー磁性層17としては、NiFe, NiFeCo, CoZrNb, CoZrMo, FeCoB, センダスト、窒化鉄系材料、FeCo等の単層、混合物又は積層膜を用いることができる。膜厚は1～10〔nm〕程度が望ましい。フリー磁性層がNiFe, NiFeCo, FeCoをベースにした材料の場合には、下地層をTa, Hf, Zr, W等にするにより、フリー磁性層及び非磁性層の結晶性を良好にし、MR比を向上させることができる。

【0030】保護層18としては、Al, Si, Ta, Tiからなるグループの酸化物又は窒化物、Cu, Au, Ag, Ta, Hf, Zr, Ir, Si, Pt, Ti, Cr, Al, Cからなるグループ、若しくはそれらの混合物を用いることができる。そして、これを用いることにより耐食性は向上するが、用いない場合は逆に製造工程数が低減し生産性が向上する。

【0031】上記磁気抵抗効果素子6を備えたシールド型磁気抵抗効果センサは、インダクティブコイルによる書き込みヘッド部と共に併設され、これにより、記録再生一体型の磁気抵抗効果型ヘッド装置として使用される。

【0032】（第2の実施の形態）図4にこれを示す。この図4に示す第2の実施形態は、シールド型磁気抵抗効果センサの他の例を示すものである。この図4におけるシールド型磁気抵抗効果センサは、基板12上に下シールド層22、下ギャップ層23、磁気抵抗効果素子6を積層させる。シールド層22は適当な大きさにPR工程によりパターン化される。

【0033】この場合、磁気抵抗効果素子6はPR工程

により適当な大きさ形状にパターン化されており、その上部に1部重なるように縦バイアス層24および下電極層25が順次積層されている。その上に、上ギャップ層28、上シールド層29が順次積層されている。

【0034】また、下シールド層22としては、前述した第1の実施形態の場合と同様に、NiFe, CoZr, CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, 又はCoZrMoNi等の合金、或いは、FeAlSi, 窒化鉄系材料等を用いることができ、膜厚は0.5～10〔μm〕の範囲で適用可能である。

【0035】その他の構成および機能については前述した図1に示す第1の実施形態と同一となっている。

【0036】（第3の実施の形態）次に、第3の実施の形態を図5乃至図6に基づいて説明する。この図5乃至図6は、前述したシールド型磁気抵抗効果センサを装備した記録再生ヘッドの概念図である。

【0037】まず、図5に示す記録再生ヘッドは、前述した第1又は第2の実施形態における磁気抵抗効果素子6を用いた再生ヘッド部と、インダクティブ型の記録ヘッド部とから成る。ここでは、長手磁気記録用の記録ヘッド部の搭載例を示したが、上述した磁気抵抗効果素子6を垂直磁気記録用ヘッドと組み合わせることによって、垂直記録用として用いてもよい。

【0038】記録再生ヘッドは、基体30上に下部シールド膜31、薄膜状の磁気抵抗効果素子32および電極33、上部シールド膜34からなる再生ヘッド部と、下部磁性膜36、コイル37、上部磁性膜38からなる記録ヘッド部とにより構成されている。ここで、上部シールド膜34と下部磁性膜36とを共通にしてもかまわない。この記録再生ヘッドにより、記録媒体100に信号を書き込み、また、記録媒体100から所定の信号を読み取るようになっている。

【0039】そして、再生ヘッド部の感知部分と記録ヘッド部の磁気ギャップとは、このように同一スライダ上の重ねた位置に装備することで、同一トラック上に同時に位置決めができる。即ち、このヘッドをスライダに加工し、磁気記録再生装置に搭載して使用される。

【0040】図6は、上記磁気抵抗効果素子を用いた記録再生ヘッドと磁気記録媒体との位置関係を示す一部省略した部分斜視図である。この図6において、スライダ本体を兼ねた基体30上には薄膜状の磁気抵抗効果素子32および電極膜33が付され、これを記録媒体100上に位置決めして再生を行う。記録媒体100は回転し、スライダ本体としての基体30は記録媒体100の上を、0.2〔μm〕以下の高さ、あるいは接触状態で対向して相対運動する。この機構により、磁気抵抗効果素子51は記録媒体100に記録された磁気的信号を、

その漏れ磁界から読み取ることのできる位置に設定される。

【0041】次に、上記実施形態の具体例（実施例）を説明し、その効果に言及する。

【0042】

【実施例】まず、上記実施形態における磁気抵抗効果素子と比較するために、ガラス基板／Ni酸化物（50 nm）／Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（3 nm）／Cu（2.5 nm）／Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（1 nm）／Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>（5 nm）という構成で磁気抵抗効果膜を作成した。成膜は、マグネトロンスパッタ装置により、500 [Oe] の印加磁界中で行った。

【0043】この磁気抵抗効果膜を成膜磁界に平行な方向に磁界を印加し、M-H曲線を描かせたところ、7

[%] という抵抗変化率が得られた。この素子の比抵抗は印加磁場「0」で25 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] であり、比抵抗変化量は1.75 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] になった。

【0044】次に、ガラス基板／Ni酸化物（50 nm）／Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（3 nm）／Cu（2.5 nm）／固定磁性層（6 nm）という構成で固定磁性層に種々の合金を用いて磁気抵抗効果膜を作成した。成膜はマグネトロンスパッタ装置により、500 [Oe] の印加磁界中で行った。この磁気抵抗効果膜を成膜磁界に平行な方向に磁界を印加し、M-H曲線を描かせた場合の抵抗変化率、比抵抗、および比抵抗変化量を図7の図表に示す。いずれの場合も、この図7の図表に挙げたような材料を用いない場合を基準として、比抵抗変化量が増大した。

【0045】次に、ガラス基板／Ni酸化物（50 nm）／Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（1.5 nm）／Co<sub>74</sub>Zr<sub>6</sub>Mo<sub>20</sub>（1.5 nm）／Cu（2.5 nm）／Co<sub>74</sub>Zr<sub>6</sub>Mo<sub>20</sub>（6 nm）という構成で磁気抵抗効果膜を作成した。成膜はマグネトロンスパッタ装置により、500 [Oe] の印加磁界中で行った。この磁気抵抗効果膜を成膜磁界に平行な方向に磁界を印加し、M-H曲線を描かせたところ、6.0 [%] という抵抗変化率が得られた。この素子の比抵抗は印加磁場「0」で65 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] であり、比抵抗変化量は3.9 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] であり、比抵抗変化量は3.9 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] になった。

【0046】次に、ガラス基板／Ni酸化物（50 nm）／Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（1.5 nm）／Co<sub>74</sub>Zr<sub>6</sub>Mo<sub>20</sub>（1.5 nm）／Cu（2.5 nm）／Co<sub>74</sub>Zr<sub>6</sub>Mo<sub>20</sub>（3 nm）／Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>という構成で磁気抵抗効果膜を作成した。成膜はマグネトロンスパッタ装置により、500 [Oe] の印加磁界中で行った。この磁気抵抗効果膜を成膜磁界に平行な方向に磁界を印加し、M-H曲線を描かせたところ、5.0 [%] という抵抗変化率が得られた。この素子の比抵抗は印加磁場「0」で45 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] であり、比抵抗変化量は2.25 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] になった。

【0047】更に続いて、ガラス基板／Ni酸化物（50 nm）／Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（3.0 nm）／Cu（2.5 nm）／Co<sub>90</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub>（3 nm）／Ru（0.4 nm）／Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub>（3 nm）という構成で磁気抵抗効果膜を作成した。成膜はマグネトロンスパッタ装置により、500 [Oe] の印加磁界中で行った。

【0048】この磁気抵抗効果膜を成膜磁界に平行な方向に磁界を印加し、M-H曲線を描かせたところ、4.8 [%] という抵抗変化率が得られた。この構成の膜では1 [ $\mu\text{m}$ ] 幅にパターン化した素子においても磁界感度が良好であった。

【0049】これは、Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub>（3 nm）／Ru（0.4 nm）／Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub>（3 nm）部の2つのCo<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub>層がRuを通してアンチフェロ的にカップリングしているために自由磁性層17の実行的な磁化が非常に小さくなり、固定磁性層13と自由磁性層17との間の静磁結合が小さくなるためと考えられる。この素子の比抵抗は印加磁場「0」で43 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] であり、比抵抗変化量は2.1 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] になった。

【0050】次に、ガラス基板／Ni酸化物（50 nm）／Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（2 nm）／Ru（0.4 nm）／Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（2 nm）／Cu（2.5 nm）／Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub>（3 nm）という構成で、磁気抵抗効果膜を作成した。成膜は、マグネトロンスパッタ装置により、500 [Oe] の印加磁界中で行った。この磁気抵抗効果膜を成膜磁界に平行な方向に磁界を印加し、M-H曲線を描かせたところ、4.9 [%] という抵抗変化率が得られた。

【0051】この構成の膜では1 [ $\mu\text{m}$ ] 幅にパターン化した素子においても磁界感度が良好であった。これはCo<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（2 nm）／Ru（0.4 nm）／Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（2 nm）部の2つのCoFe層がRuを通してアンチフェロ的にカップリングしているために自由磁性層17の実行的な磁化が非常に小さく、固定磁性層13と自由磁性層17との間の静磁結合が小さくなるためと考えられる。この素子の比抵抗は印加磁場「0」で41 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] であり、比抵抗変化量は2.0 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] になった。

【0052】次に、ガラス基板／Ni酸化物（50 nm）／Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（3 nm）／Ru（0.4 nm）／Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>（3 nm）／Cu（2.5 nm）／Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub>（3 nm）／Ru（0.4 nm）／Co<sub>92</sub>Zr<sub>3</sub>Nb<sub>5</sub>（3 nm）という構成で磁気抵抗効果膜を作成した。成膜はマグネトロンスパッタ装置により、500 [Oe] の印加磁界中で行った。

【0053】この磁気抵抗効果膜を成膜磁界に平行な方向に磁界を印加し、M-H曲線を描かせたところ、4.5 [%] という抵抗変化率が得られた。この構成の膜では1 [ $\mu\text{m}$ ] 幅にパターン化した素子においても磁界感

度が良好であった。

【0054】これは、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  (2 nm) / Ru (0.4 nm) /  $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  (2 nm) の2つのCoFe層および $\text{Co}_{92}\text{Zr}_3\text{Nb}_5$  (3 nm) / Ru (0.4 nm) /  $\text{Co}_{92}\text{Zr}_3\text{Nb}_5$  (3 nm) 部の2つの $\text{Co}_{92}\text{Zr}_3\text{Nb}_5$ 層が、Ruを通してアンチフェロ的にカップリングしているために自由磁性層17の実効的な磁化が非常に小さく、固定磁性層13と自由磁性層17との間の静磁結合が小さくなるためと考えられる。この素子の比抵抗は印加磁場「0」で38 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] であり、比抵抗変化量は1.7 [ $\mu\Omega\text{cm}$ ] になった。

【0055】次に、反強磁性層/ $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  (3 nm) / Cu (2.5 nm) /  $\text{Co}_{92}\text{ZrNb}_5$  (6 nm) という構成で、下地層/反強磁性層に種々の合金を用いて磁気抵抗効果膜を作成した。成膜は、マグネトロンスパッタ装置により、500 [Oe] の印加磁界中で行った。この磁気抵抗効果膜を成膜磁界に平行な方向に磁界を印加し、M-H曲線を描かせた場合の抵抗変化率、比抵抗、および比抵抗変化量を図8の図表に示す。

【0056】次に、これらの磁気抵抗効果膜をシールド型素子に適用した例を示す。はじめに、図1のタイプのシールド型素子(第1の実施形態)を作成した。このとき、下シールド層2としてはNiFe、下ギャップ層3としてはアルミナを用いた。磁気抵抗効果素子6としては、Ni酸化物(50 nm) / Fe酸化物(2 nm) /  $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  (3 nm) / Cu (2.5 nm) /  $\text{Co}_{92}\text{Zr}_3\text{Nb}_5$  (6 nm) を、PR工程により $1\times 1$  [ $\mu\text{m}$ ] の大きさに加工して用いた。

【0057】そして、磁気抵抗効果素子6の端部に接するように、CoCrPtとMo下電極層5を積層した。上ギャップ層8としてはアルミナ、上シールド層9としてはNiFeを用いた。このように形成したセンサを図5のような記録再生一体型ヘッドに組み込んでスライダ加工し、CoCrTa系媒体上に装備してデータを記録再生した。

【0058】この際、書き込みトラック幅は1.5 [ $\mu\text{m}$ ]、書き込みギャップは0.2 [ $\mu\text{m}$ ]、読み込みトラック幅は1.0 [ $\mu\text{m}$ ]、読み込みギャップは0.21 [ $\mu\text{m}$ ]とした。媒体の保磁力は2.5 [kO]である。

【0059】記録マーク長を変えて再生出力を測定したところ、再生出力が半減するマーク長で、周波数が150 [kFCI]となった。再生出力は最大振幅(peak to peak)で2.7 [mV]であり、ノイズの無い対称性の良好な波形が得られた。また、S/N比は26.3 [dB]、エラーレートは $10^{-6}$ 以下であった。

【0060】更に、このヘッドを80 [°C]、500 [Oe]の中で環境試験を行ったが1500時間までの

間でエラーレートは全く変化しなかった。

【0061】次に、前述した反強磁性材料を用いて図4のタイプのシールド型素子(第2の実施形態)を作成した。このとき、下シールド層2としてはFeTa<sub>2</sub>N、下ギャップ層3としてはアモルファスカーボン、磁気抵抗効果素子6としてはNi酸化物(50 nm) / Fe酸化物(2 nm) /  $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  (3 nm) / Cu (2.5 nm) /  $\text{Co}_{92}\text{Zr}_3\text{Nb}_5$  (6 nm) をPR工程により $1\times 1$  [ $\mu\text{m}$ ]の大きさに加工して用いた。

【0062】そして、上記磁気抵抗効果素子6に1部重なるようにCoCrPtとMo下電極層5を積層した。上ギャップ層8としてはアルミナ、上シールド層9としてはNiFeを用いた。このヘッド部を図5のような記録再生一体型の磁気ヘッド装置に組み込んでスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は1.5 [ $\mu\text{m}$ ]、書き込みギャップは0.2 [ $\mu\text{m}$ ]、読み込みトラック幅は1.0 [ $\mu\text{m}$ ]、読み込みギャップは0.21 [ $\mu\text{m}$ ]とした。媒体の保磁力は2.5 [kO]である。

【0063】記録マーク長を変えて再生出力を測定したところ、再生出力が半減するマーク長で周波数が150 [kFCI]となった。再生出力は最大振幅(peak to peak)で2.8 [mV]であり、ノイズの無い対称性の良好な波形が得られた。S/N比は26.6 [dB]、エラーレートは $10^{-6}$ 以下であった。また、このヘッドを80 [°C]、500 [Oe]の中で環境試験を行ったが1500時間までの間でエラーレートは全く変化しなかった。

【0064】次に、本発明を適用して試作された磁気ディスク装置の説明をする。磁気ディスク装置はベース上に3枚の磁気ディスクを備え、ベース裏面にヘッド駆動回路および信号処理回路と入出力インターフェイスとを収めている。外部とは32ビットのバスラインで接続される。磁気ディスクの両面には6個のヘッドが配置されている。ヘッドを駆動するためのロータリーアクチュエータとその駆動及び制御回路、ディスク回転用スピンドル直結モータが搭載されている。

【0065】磁気ディスクの直径は46 [mm]であり、データ面は直径10 [mm]から40 [mm]までを使用する。埋め込みサーボ方式を用い、サーボ面を有しないため高密度化が可能である。

【0066】本装置は、小型コンピュータの外部記憶装置として直接接続が可能になっている。入出力インターフェイスには、キャッシュメモリを搭載し、転送速度が毎秒5から20メガバイトの範囲であるバスラインに対応する。また、外部コントローラを置き、本装置を複数台接続することにより、大容量の磁気ディスク装置を構成することも可能である。

【0067】

【発明の効果】本発明は以上のように構成され機能する



ので、これによると、上述したように、反強磁性層から固定磁性層への十分な交換結合磁界を確保したので、従来よりも大きな再生出力を得ることが可能な磁気抵抗効果素子およびシールド型磁気抵抗効果センサを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる第1の実施形態を示す概略断面図である。

【図2】図1内に開示した磁気抵抗効果素子の例を示す説明図である。

【図3】図1内に開示した磁気抵抗効果素子の他の例を示す説明図である。

【図4】本発明にかかる第2の実施形態を示す概略断面図である。

【図5】本発明にかかる第3の実施形態を示す一部切り欠いた概略斜視図である。

【図6】図5の実施形態にかかる磁気抵抗効果センサをスライダ本体に装備した場合の磁気記録媒体との位置関係を示す一部切り欠いた概略斜視図である。

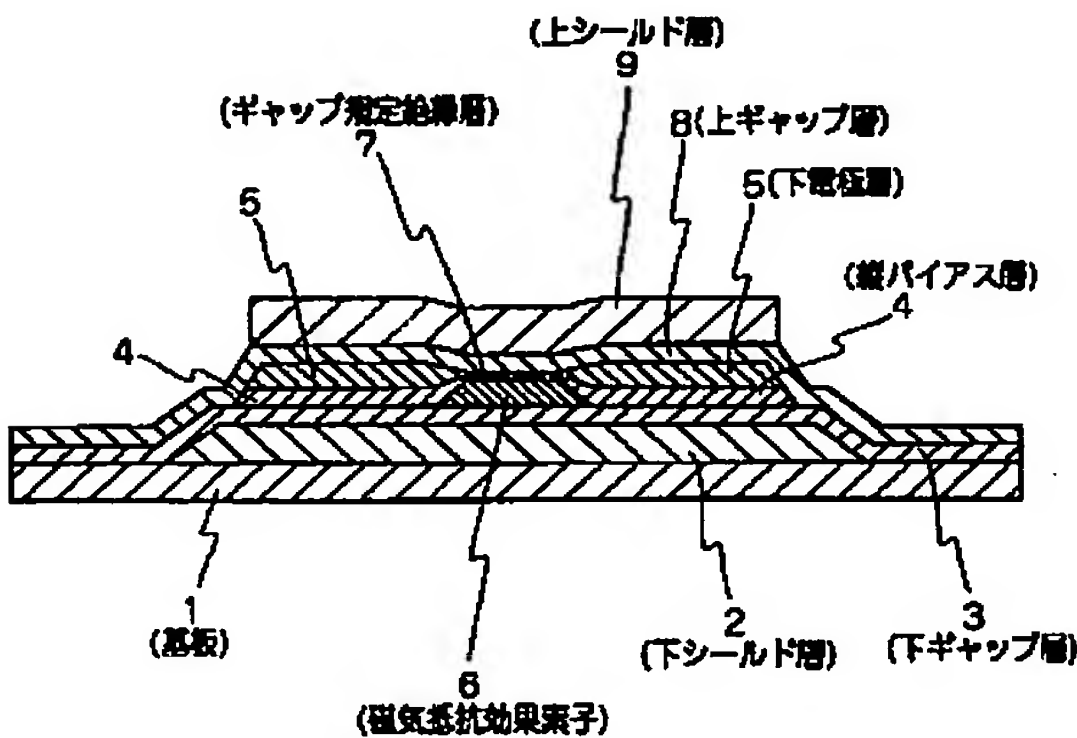
【図7】図1に示す実施例における磁気抵抗効果素子の具体例について固定磁性層の素材を種々変化させた場合の抵抗変化率等を測定した結果を示す図表である。

【図8】図1に示す実施例における磁気抵抗効果素子の具体例について反強磁性層の素材を種々変化させた場合の抵抗変化率等を測定した結果を示す図表である。

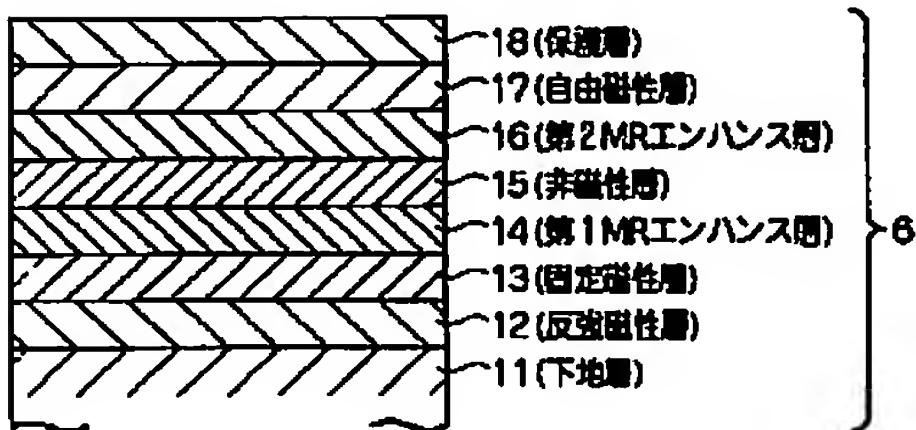
【符号の説明】

- 1 基板（基体）
- 2 下シールド層
- 3 下ギャップ層
- 4 縦バイアス層
- 5 下電極
- 6 磁気抵抗効果素子（磁気抵抗効果膜）
- 7 ギャップ規定絶縁層
- 8 上ギャップ層
- 9 上シールド層
- 11 下地層
- 12 反強磁性層
- 13 固定磁性層
- 14 第1MRエンハンス層
- 15 非磁性層
- 16 第2MRエンハンス層
- 17 自由磁性層
- 18 保護層

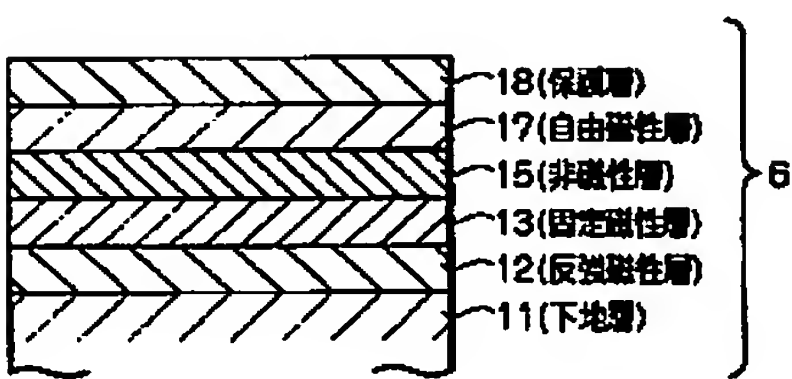
【図1】



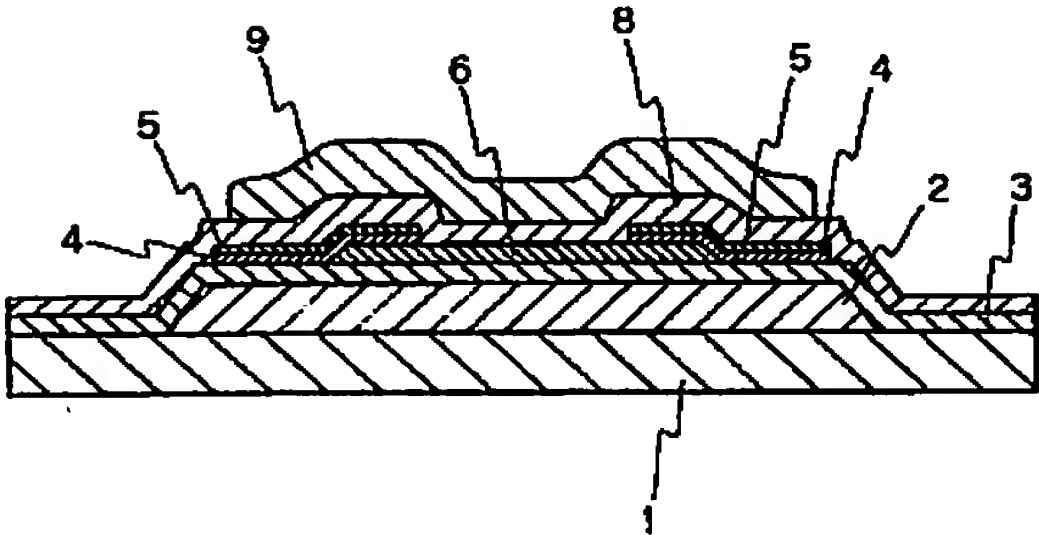
【図3】



【図2】

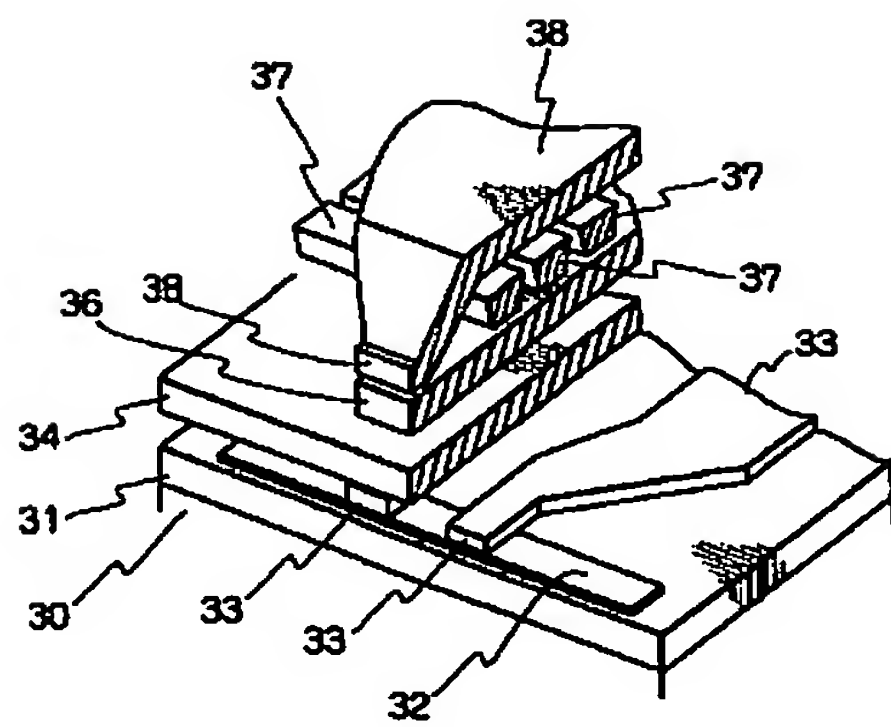


【図4】

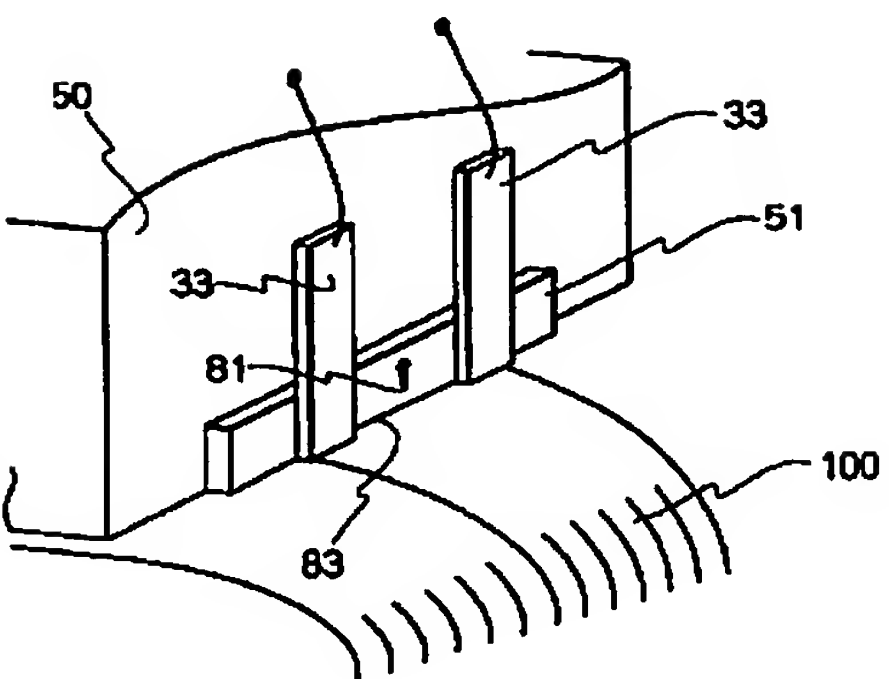




【図5】



【図6】



【図7】

| 反強磁性層                        | 抵抗変化率<br>(%) | 比抵抗<br>( $\mu\Omega\text{cm}$ ) | 比抵抗変化量<br>( $\mu\Omega\text{cm}$ ) |
|------------------------------|--------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Ni酸化物 (50nm)                 | 6.7          | 63                              | 4.2                                |
| FeMn (10nm)                  | 4.5          | 58                              | 2.6                                |
| NiMn (30nm)                  | 4.2          | 46                              | 1.9                                |
| IrMn (30nm)                  | 4.5          | 57                              | 2.6                                |
| PtPdMn (30nm)                | 4.5          | 56                              | 2.5                                |
| Ni酸化物 (50nm)<br>/Co酸化物 (1nm) | 7.0          | 63                              | 4.4                                |
| Ni酸化物 (50nm)<br>/Fe酸化物 (2nm) | 6.5          | 62                              | 4.0                                |

【図8】

| 固定磁性層   | 抵抗変化率<br>(%) | 比抵抗<br>( $\mu\Omega\text{cm}$ ) | 比抵抗変化量<br>( $\mu\Omega\text{cm}$ ) |
|---|--------------|---------------------------------|------------------------------------|
| $\text{Co}_{92}\text{Zr}_8$                             | 6.8          | 50                              | 3.2                                |
| $\text{Co}_{93}\text{Zr}_{17}$                          | 6.0          | 62                              | 3.1                                |
| $\text{Co}_{93}\text{Hf}_7$                             | 6.2          | 52                              | 3.2                                |
| $\text{Co}_{93}\text{Ta}_{17}$                          | 5.3          | 64                              | 3.4                                |
| $\text{Co}_{93}\text{Ta}_7$                             | 6.4          | 61                              | 3.3                                |
| $\text{Co}_{92}\text{Zr}_3\text{Nb}_5$                  | 6.7          | 63                              | 4.2                                |
| $\text{Co}_{92}\text{Hf}_3\text{Pd}_3$                  | 6.5          | 63                              | 4.1                                |
| $\text{Co}_{93}\text{Ta}_3\text{Hf}_4$                  | 5.9          | 59                              | 3.4                                |
| $\text{Co}_{91}\text{Nb}_9\text{Hf}_4$                  | 5.6          | 57                              | 3.1                                |
| $\text{Co}_{91}\text{Ta}_9\text{Zr}_4$                  | 5.4          | 59                              | 3.2                                |
| $\text{Co}_{92}\text{Nb}_9\text{Zr}_3$                  | 5.8          | 61                              | 3.5                                |
| $\text{Co}_{92}\text{Zr}_4\text{Ta}_4$                  | 6.1          | 68                              | 3.5                                |
| $\text{Co}_{79}\text{Zr}_{10}\text{Mo}_9\text{Ni}_2$    | 5.8          | 68                              | 3.8                                |
| $\text{Co}_{92.1}\text{Zr}_{8.8}\text{Ta}_4\text{Nb}_5$ | 5.5          | 62                              | 3.4                                |
| $\text{Co}_{74}\text{Zr}_8\text{Mo}_{20}$               | 5.8          | 70                              | 4.1                                |
| $\text{Co}_{72}\text{Fe}_{18}\text{B}_{10}$             | 4.9          | 72                              | 3.5                                |

【手続補正書】

【提出日】平成9年6月4日

【手続補正1】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図7】

| 固定磁性層   | 抵抗変化率<br>(%) | 比抵抗<br>( $\mu\Omega\text{cm}$ ) | 比抵抗変化量<br>( $\mu\Omega\text{cm}$ ) |
|---|--------------|---------------------------------|------------------------------------|
| $\text{Co}_{92}\text{Zr}_8$                             | 6.5          | 50                              | 3.2                                |
| $\text{Co}_{93}\text{Zr}_{17}$                          | 5.0          | 62                              | 3.1                                |
| $\text{Co}_{91}\text{Hf}_9$                             | 6.2          | 52                              | 3.2                                |
| $\text{Co}_{93}\text{Ta}_{17}$                          | 5.3          | 64                              | 3.4                                |
| $\text{Co}_{93}\text{Ta}_7$                             | 6.4          | 61                              | 3.3                                |
| $\text{Co}_{92}\text{Zr}_8\text{Nb}_8$                  | 6.7          | 63                              | 4.2                                |
| $\text{Co}_{93}\text{Hf}_8\text{Pd}_9$                  | 6.5          | 63                              | 4.1                                |
| $\text{Co}_{96}\text{Ta}_4\text{Hf}_4$                  | 5.8          | 59                              | 3.4                                |
| $\text{Co}_{97}\text{Nb}_9\text{Hf}_4$                  | 5.5          | 67                              | 3.1                                |
| $\text{Co}_{97}\text{Ta}_9\text{Zr}_4$                  | 5.4          | 59                              | 3.2                                |
| $\text{Co}_{99}\text{Nb}_9\text{Zr}_8$                  | 5.8          | 61                              | 3.5                                |
| $\text{Co}_{93}\text{Zr}_4\text{Ta}_4$                  | 6.1          | 68                              | 3.5                                |
| $\text{Co}_{79}\text{Zr}_{10}\text{Mo}_9\text{Ni}_2$    | 5.8          | 66                              | 3.6                                |
| $\text{Co}_{91.5}\text{Zr}_{8.5}\text{Ta}_8\text{Nb}_6$ | 5.5          | 62                              | 3.4                                |
| $\text{Co}_{74}\text{Zr}_6\text{Mo}_{20}$               | 5.8          | 70                              | 4.1                                |
| $\text{Co}_{72}\text{Fe}_8\text{B}_{20}$                | 4.9          | 72                              | 3.5                                |

【手続補正2】  
【補正対象書類名】図面  
【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更  
【補正内容】  
【図8】

| 反強磁性層                        | 抵抗変化率<br>(%) | 比抵抗<br>( $\mu\Omega\text{cm}$ ) | 比抵抗変化量<br>( $\mu\Omega\text{cm}$ ) |
|------------------------------|--------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Ni酸化物 (50nm)                 | 6.7          | 63                              | 4.2                                |
| FeMn (10nm)                  | 4.5          | 58                              | 2.6                                |
| NiMn (30nm)                  | 4.2          | 46                              | 1.9                                |
| IrMn (30nm)                  | 4.5          | 57                              | 2.6                                |
| PtPdMn (30nm)                | 4.5          | 56                              | 2.5                                |
| Ni酸化物 (50nm)<br>/Co酸化物 (1nm) | 7.0          | 63                              | 4.4                                |
| Ni酸化物 (50nm)<br>/Fe酸化物 (2nm) | 6.5          | 62                              | 4.0                                |